

**UNIVERSIDADE DO EXTREMO SUL CATARINENSE - UNESC  
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO ESPECIALIZAÇÃO EM ENGENHARIA DE  
SEGURANÇA**

**ANTÔNIO CARNIATO**

**CHECK-LIST E PROPOSTAS DE SEGURANÇA NOS  
LABORATÓRIOS DE MÁQUINAS ELÉTRICAS DO CURSO DE  
ENGENHARIA ELÉTRICA DA FACULDADE SATC®**

**CRICIÚMA, AGOSTO DE 2011**

**ANTÔNIO CARNIATO**

**CHECK-LIST E PROPOSTAS DE SEGURANÇA NOS  
LABORATÓRIOS DE MÁQUINAS ELÉTRICAS DO CURSO DE  
ENGENHARIA ELÉTRICA DA FACULDADE SATC®**

Monografia apresentada à Diretoria de Pós-graduação da Universidade do Extremo Sul Catarinense- UNESC, para a obtenção do título de Engenheiro de Segurança.

Orientador: Prof. M. Eng. Evânio Ramos Nicoleit

**CRICIÚMA, AGOSTO DE 2011**

**Dedico esta monografia a minha esposa Rosilene e aos meus filhos Vitor e Eloisa, pela compreensão nos diversos finais de semana que estive ausente.**

## **AGRADECIMENTO**

Agradeço a SATC<sup>®</sup> por proporcionar o desenvolvimento da presente monografia e as informações fornecidas, e a Unesc por ofertar o curso devido a sua grande importância para o desenvolvimento regional. Aos meus colegas de classe Bruno, Daiani e Cibeles pelos diversos trabalhos desenvolvidos ao longo do curso, e ao Prof. Evânio Ramos Nicoleit pelas considerações, críticas e sugestões no desenvolvimento da monografia.

**"Nossas dúvidas são traidoras e nos fazem perder o que, com frequência, poderíamos ganhar, por simples medo de arriscar."**

**William Shakespeare**

## RESUMO

A presente monografia apresenta um Check-List e um conjunto de propostas de segurança a serem implementadas nos Laboratórios de Máquinas Elétrica I, II e III, os quais são utilizados no curso Engenharia Elétrica da Faculdade SATC<sup>®</sup>. Para o desenvolvimento deste trabalho foi requerido um estudo das normas regulamentadoras do Ministério do Trabalho, em especial a NR 10, dos sistemas de aterramentos e proteção diferencial, bem como visitas aos laboratórios para inspeção, registro fotográfico, levantamento de dados dos recintos e dos equipamentos utilizados atualmente nestes. A necessidade deste estudo relaciona-se ao reduzido número de trabalhos na área, e em especial para atender a exigência do MEC acerca da padronização dos laboratórios no que se refere ao atendimento à NR 10. Após o levantamento de dados, os mesmos são analisados. Sugerem-se materiais/equipamentos para a adequação dos laboratórios e propõem-se a elaboração e a formalização de um conjunto de procedimentos em relação à sua utilização, em específico referente à padronização das aulas práticas. Também são propostos procedimentos para capacitação dos alunos que os utilizam nas aulas práticas. Constata-se que a instituição SATC<sup>®</sup> atende parcialmente as exigências da NR 10, e que a mesma vem tomando as providências necessárias para o cumprimento da referida norma.

**Palavras-chave:** NR 10; Check-List; Padronização para Utilização dos Laboratórios; Padronização das Aulas Práticas; Capacitação dos Alunos.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Sistemas de aterramento TN.....	23
Figura 2 – a) Sistema de aterramento TT e b) Sistema de aterramento IT.....	24
Figura 3 – Princípio de funcionamento do DR.....	25
Figura 4 – Foto do prédio onde estão localizados os Laboratórios de Máquinas Elétricas I, II e III.....	29
Figura 5 – a) Visão geral do Laboratório de Máquinas Elétricas I e b) Bancada teste.....	30
Figura 6 – a) Dispositivo de segurança para energização do painel; b) Dispositivo contra acidentes e c) Dispositivo de segurança para mostrar a energização do painel.....	31
Figura 7 – a) Placa de identificação de um motor e b) Painel geral de proteção do laboratório.....	31
Figura 8 – a) Painel de força, auxiliar, máquina CC e gerador de energia e b) “Freio de Focault”. c) Botões de comando do painel auxiliar e d) Detalhes dos botões de comando.....	32
Figura 9 – Placas de identificação das máquinas: a) Gerador de energia, b) motor de corrente alternada e c) Máquina CC. ....	33
Figura 10 – a) Partes internas do painel de força e b) Sistema de proteção geral do laboratório.....	33
Figura 11 – a) e b) Disposição das bancadas do laboratório.....	34
Figura 12 – a) Bancada com os equipamentos e sistema de proteção e b) Sistema de proteção do laboratório e da bancada.....	35
Figura 13 – a) Disjuntor trifásico de 50A para a proteção do laboratório e b) Disjuntor trifásico de 25A do tipo residual para a proteção da bancada.....	35
Figura 14 – Fonte reguladora de tensão: a) Parte de traseira e b) Parte frontal.....	36
Figura 15 – Motores: a) Motor trifásico de rotor bobinado e b) Placa de identificação de um motor trifásico de gaiola de esquilo.....	36
Figura 16 – Transformadores: a) Transformador monofásico- entrada 110V/220V e saída 440V e b) Placa de identificação de um transformador trifásico.....	36

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Check-List Prédio da Elétrica.....	35
--	----



## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

NR – Norma Regulamentadora

DOU – Diário Oficial da União

AT – Alta Tensão

MEC – Ministério da Educação e Cultura

SATC<sup>®</sup> – Associação Beneficente da Indústria Carbonífera de Santa Catarina

EPI's – Equipamentos de Proteção Individuais

MTE – Ministério do Trabalho e Emprego

SENAI – Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial

SINEPE – Sindicato das Escolas Particulares do Estado

CLT – Consolidação das Leis do Trabalho

SEP – Sistema Elétrico de Potência

ASO – Atestado de saúde Ocupacional

EPC's – Equipamentos de Proteção Coletivos

BT – Baixa Tensão

SPDA – Sistema de Proteção contra Descarga Atmosférica

PPRA – Programa de Prevenção de Riscos Ambientais

CRQ – Conselho Regional de Química

UFSM – Universidade Federal de Santa Maria

CIPA – Comissão Interna de Prevenção de Acidentes

SESMT – Serviço Especializado em Segurança e Medicina do Trabalho

ENEGEP – Encontro Nacional de Engenharia de Produção

LAMED – Laboratório de Medidas Elétricas

UNIJUI – Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul

CBESA – Congresso Brasileiro de Engenharia Ambiental e Sanitária

AWG – American Wire Gauge

$\Delta$  – Triângulo

Y – Estrela

CC – Corrente Contínua

CA – Corrente Alternada

V – volts

A – ampères

k – quilo (1000)

VA – volt ampères

DR – Interruptor Diferencial Residual

DDR – Disjuntor com Proteção Diferencial

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>11</b>
1.1 Justificativa.....	12
1.2 Objetivo Geral .....	12
1.2.1 Objetivos Específicos .....	12
1.3 Organização da Monografia .....	13
<b>2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA .....</b>	<b>14</b>
2.1 Instituição SATC® .....	14
2.2 Segurança e Medicina do Trabalho e Normas Regulamentadoras .....	15
2.2.1 A Norma Regulamentadora NR 10.....	17
2.3 Sistemas de Aterramento.....	22
2.4 Proteção Diferencial .....	24
2.5 Revisão Bibliográfica .....	26
<b>3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS .....</b>	<b>29</b>
3.1 Prédios dos Laboratório do curso de Engenharia Elétrica .....	29
3.2 Laboratório de Máquinas Elétrica I .....	30
3.3 Laboratório de Máquinas Elétrica II.....	31
3.4 Laboratório de Máquinas Elétrica III .....	34
3.5 Diagnóstico (Check-List) nos Laboratórios de Máquinas Elétricas .....	37
<b>4 ANÁLISE DOS DADOS E PROPOSTAS DE SEGURANÇA.....</b>	<b>39</b>
4.1 Análise dos Dados e Sugestão de Materiais/Equipamentos.....	39
4.2 Propostas de Seguranças .....	40
<b>5 CONCLUSÃO.....</b>	<b>42</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>44</b>
<b>APÊNDICE.....</b>	<b>46</b>
<b>ANEXO.....</b>	<b>55</b>

## **1 INTRODUÇÃO**

Conforme o livro Segurança e Medicina do Trabalho [1], a NR (Norma Regulamentadora) 10 – Segurança em Instalações e Serviços em Eletricidade, dada pela Portaria nº 598, de 07 de dezembro de 2004 e DOU (Diário Oficial da União) de 08 dezembro de 2004, a mesma estabelece os requisitos e condições mínimas objetivando a implantação de medidas de controle e sistemas preventivos, de forma a garantir a segurança e a saúde dos trabalhadores que, direta ou indiretamente, interajam em instalações elétricas e serviços com eletricidade.

Destacam-se também nesta NR as diversas medidas de controle a serem adotadas, a segurança nos itens de: projeto; construção, montagem, operação e manutenção; em instalações elétricas desenergizadas e energizadas; trabalhos em AT (Alta Tensão); habilitação, qualificação, capacitação e autorização dos trabalhadores; procedimentos de trabalho, dentre outros.

### **1.1 Justificativa**

Nos laboratórios de ensino, pesquisa e extensão, dependendo das atividades desenvolvidas por estes, existem equipamentos que são energizados na própria rede elétrica do laboratório, ou então, estes podem fornecer tensões relativamente elevadas para a execução de determinados experimentos.

Na referida NR, não fica explícita a aplicação da mesma nos laboratórios de ensino, pesquisa e extensão, sendo que nestes, além de serem utilizados por professores e pesquisadores, existem também alunos e bolsistas, e assim, conforme citado acima, um dos itens exigido é a habilitação, qualificação, capacitação e autorização para os serviços em eletricidade, bem como os procedimentos de trabalho.

Destacamos ainda que, com a visita do MEC (Ministério da Educação e Cultura) em 2008 para o reconhecimento do curso de Engenharia Elétrica da Faculdade SATC<sup>®</sup> (Associação Beneficente das Indústrias Carboníferas de Santa Catarina), o mesmo detectou que não existiam procedimentos formalizados em relação à utilização e as medidas de segurança a serem adotados nos laboratórios

Diversos trabalhos têm sido realizados em laboratórios das áreas de biossegurança, microbiologia, ciências biológicas e atenção à saúde, química, entre outros, tanto para atividades de ensino como de pesquisa. Na maioria destes casos foram desenvolvidos check-list, procedimentos específicos das áreas pertinentes e EPI's (Equipamentos de Proteção Individuais), entretanto não relacionam-se com a NR 10.

## **1.2 Objetivo Geral**

Pretende-se com esta monografia efetuar um diagnóstico (Check-List) em relação às normas de segurança nos Laboratórios de Máquinas Elétricas I, II e III da Instituição SATC®, e propor procedimentos de segurança conforme NR 10 do MTE (Ministério do Trabalho e Emprego) nos referidos laboratórios.

### **1.2.1 Objetivos Específicos**

Os objetivos específicos são apresentados abaixo, sendo que a presente monografia está concentrada nos Laboratórios de Máquinas Elétricas I, II e III, os quais estão localizados no “Prédio da Elétrica”, onde estes laboratórios são utilizados no curso de Engenharia Elétrica da Faculdade SATC®.

- Realizar pesquisa e revisão bibliográfica;
- Fotografar os ambientes e equipamentos constituintes dos referidos laboratórios;
- Promover diagnóstico (Check-List);
- Verificar as exigências do Prontuário;
- Comparar o diagnóstico com a exigência da NR 10;
- Selecionar os materiais e/ou equipamentos para a adequação dos laboratórios; e
- Propor procedimentos de segurança na utilização dos laboratórios.

### 1.3 Organização da Monografia

Apresentamos a seguir a organização da monografia:

- O capítulo 2 apresenta a fundamentação teórica, sendo esta relacionada à Instituição SATC<sup>®</sup>, as normas regulamentadoras do MTE, sistemas de aterramento, proteção diferencial e a revisão bibliográfica dos trabalhos desenvolvidos na área;
- O capítulo 3 refere-se à visita in-loco efetuada nos laboratórios de máquinas elétricas, onde neste estão descritos os equipamentos/materiais, etc., bem como as fotos obtidas dos mesmos. Também é apresentado o Check-List em relação às exigências da NR 10;
- O capítulo 4 mostra as análises dos dados, bem como as propostas de segurança para os laboratórios que deverão ser executadas para o atendimento da NR 10; e
- Por final, é apresentada a conclusão e propostas para trabalhos futuros no capítulo 5.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Nesta seção é apresentada a fundamentação teórica para a compreensão e concretização dos objetivos a serem atingidos. A mesma está dividida em: Apresentação da Instituição SATC<sup>®</sup>, Segurança e Medicina do Trabalho, Normas Regulamentadoras, em especial a NR 10, Sistemas de Aterramento, Proteção Diferencial e Revisão Bibliográfica.

### 2.1 Instituição SATC<sup>®</sup>

O texto a seguir foi obtido da referência [2].

A SATC<sup>®</sup> foi fundada em 2 de maio de 1959 por iniciativa da Indústria de Extração de Carvão Mineral da Região Carbonífera de Santa Catarina. Instalada em Criciúma, Santa Catarina, ocupa uma área total de 550 mil m<sup>2</sup>, com 28 mil m<sup>2</sup> de área construída, sendo que as empresas mineradoras investem 1% do seu faturamento.

Em abril de 1963 criou a Escola Industrial. Em 1969, por exigência de mercado e em convênio com o SENAI (Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial), foi criada a Escola Técnica General Oswaldo Pinto da Veiga, hoje Escola Técnica SATC<sup>®</sup>. Em 1989, em decorrência de medidas do Governo Federal, o setor de mineração passou por uma crise que quase inviabilizou a indústria carbonífera e, conseqüentemente, a SATC<sup>®</sup>, que ficou praticamente fechada. Em 1990, as empresas mineradoras, preocupadas com a função social, repensaram a escola e, com a contribuição de pais e alunos, a reativaram. Com a SATC<sup>®</sup>, o setor carbonífero oportuniza o ensino para pessoas de baixa renda. A qualidade de ensino é reconhecida em todo o Estado. Exemplo disso é o fato de todos os seus alunos encontrarem espaço no mercado de trabalho, além do estabelecimento estar classificado entre os melhores do estado catarinense em aprovação no vestibular, de acordo com levantamento do SINEPE (Sindicato das Escolas Particulares do Estado), mesmo sem ter a função de preparar para o concurso.

Impulsionada por fatores como a contribuição de pais e alunos e a melhoria nas atividades do setor carbonífero, aliados a uma gestão estratégica, a

SATC<sup>®</sup> foi reestruturada e passou a ser um Centro de Educação e Tecnologia, composta pelas áreas: Escola Educacional Técnica SATC<sup>®</sup>, Faculdade SATC<sup>®</sup>, Centro de Capacitação Empresarial e Assistência Comunitária, Centro de Serviços Empresariais e Centro SATC<sup>®</sup> de Meio Ambiente. Atualmente, a SATC<sup>®</sup> conta com mais de cinco mil alunos matriculados nos ensinos fundamental, médio, profissional e superior.

Com o curso de Engenharia Elétrica, em 2003, a SATC<sup>®</sup> iniciou o processo de gerir seus próprios cursos superiores. Surgiram depois, em 2004, o curso de Engenharia Mecânica, e, em 2007, o de Comunicação Social - Jornalismo - e o de Design Gráfico. Dos cursos de tecnologia, hoje são disponibilizados os de Sistemas de Telecomunicações, Manutenção Industrial e Automação Industrial. Atualmente a Faculdade SATC<sup>®</sup> atua, além dos cursos de graduação citados acima, também em cursos de Pós-Graduação, com enfoque principal nas áreas tecnológicas.

## **2.2 Segurança e Medicina do Trabalho e Normas Regulamentadoras**

Nesta seção são apresentadas as Normas Regulamentadoras, as quais fazem parte da Segurança e Medicina do Trabalho, sendo que é dado destaque a NR 10. O presente texto, bem como o item 2.2.1 foram obtidos da referência [1].

A Portaria nº 3.214, de 08 de junho de 1978 (DOU de 06 de julho de 1978) aprova as Normas Regulamentadoras – NR – do Capítulo V, Título II, da Consolidação das Leis do Trabalho, relativas à Segurança e Medicina do Trabalho. O Ministro do Estado, no uso de suas atribuições legais, considerando o disposto no artigo 200, da Consolidação das Leis do Trabalho, com redação dada pela Lei nº 6.514, de 22 de dezembro de 1977, Resolve: “ Art. 1º Aprovar as Normas Regulamentadoras - NR – do Capítulo V, Título II, da Consolidação das Leis do Trabalho, relativas à Segurança e Medicina do Trabalho”:

Normas Regulamentadoras:

- NR 1 – Disposições Gerais;
- NR 2 – Inspeção Prévia;
- NR 3 – Embargo e Interdição;



- NR 4 – Serviço Especial. Seg. e Medicina do Trabalho – SESMT;
- NR 5 – Comissão Interna de Prevenção de Acidentes - CIPA;
- NR 6 – Equipamentos de Proteção Individual – EPI;
- NR 7 – Exames Médicos;
- NR 8 – Edificações;
- NR 9 – Riscos Ambientais;
- NR 10 – Segurança em Instalações e Serviços de Eletricidade;
- NR 11 – Transporte, Movimentação, Armazenamento e Manuseio de Materiais;
- NR 12 – Máquinas e Equipamentos;
- NR 13 – Vasos Sob Pressão;
- NR 14 – Fornos;
- NR 15 – Atividades e Operações Insalubres;
- NR 16 – Atividades e Operações Perigosas;
- NR 17 – Ergonomia;
- NR 18 – Obras de Construção, Demolição e Reparos;
- NR 19 – Explosivos;
- NR 20 – Combustíveis Líquidos e Inflamáveis;
- NR 21 – Trabalho a Céu Aberto;
- NR 22 – Trabalhos subterrâneos;
- NR 23 – Proteção Contra incêndios;
- NR 24 – Condições Sanitárias dos Locais de trabalho;
- NR 25 – Resíduos Industriais;
- NR 26 – Sinalização de Segurança;
- NR 27 – Registro de Profissionais;
- NR 28 – Fiscalização e Penalidades;
- NR 29 – Segurança e Saúde no Trabalho Portuário;
- NR 30 – Segurança e saúde no Trabalho Aquaviário;
- NR 31 – Segurança e Saúde no Trabalho na Agricultura, Pecuária, Silvicultura, Exploração Florestal e Aquicultura;
- NR 32 – Segurança e Saúde no Trabalho em Serviços de Saúde; e
- NR 33 – Segurança e Saúde nos Trabalhos em Espaços Confinados.

Também, conforme a NR 1 – Disposições Gerais, item 1.1, “ As Normas Regulamentadoras – NR, relativas à segurança e medicina do trabalho, são de observância obrigatória pelas empresas privadas e públicas e pelos órgãos públicos de administração direta e indireta, bem como pelos órgãos dos poderes legislativos e judiciário, que possuam empregados regidos pela Consolidação das Leis do Trabalho – CLT.

### **2.2.1 A Norma Regulamentadora NR 10**

Conforme a NR 10 – Segurança em Instalações e Serviços em Eletricidade (Portaria nº 598, de 07 de dezembro de 2004 e DOU de 08 de dezembro de 2004), em seu item 10.1.1 “Esta Norma regulamentadora – NR - estabelece os requisitos e condições mínimas objetivando a implantação de medidas de controle e sistemas preventivos, de forma a garantir a segurança e a saúde dos trabalhadores que, direta ou indiretamente, interajam em instalações elétricas e serviços com eletricidade”.

Esta NR se aplica às fases de geração, transmissão, distribuição e consumo de energia, incluindo as etapas de projeto, construção, montagem, operação, manutenção das instalações elétricas e quaisquer trabalhos realizados nas suas proximidades.

Abaixo é destacada, de forma resumida o que a norma exige, sendo estas exigências obtidas entre os seus itens 10.2 aos 10.13:

- Medidas de Controle;
- Segurança em Projetos;
- Segurança na Construção, Montagem, Operação e Manutenção;
- Segurança em Instalações Elétricas Desenergizadas;
- Segurança em Instalações Elétricas Energizadas;
- Trabalhos Envolvendo Alta Tensão;
- Habilitação, Qualificação, Capacitação e Autorização dos Trabalhadores;
- Proteção Contra Incêndios e Explosão;

- Sinalização de Segurança;
- Procedimentos de Trabalho;
- Situação de Emergência; e
- Responsabilidades.

Ainda, conforme Anexo II da referida norma, é exigido Curso Básico – Segurança em Instalações e Serviços com Eletricidade para os trabalhadores autorizados, bem como a exigência do Curso Complementar – Segurança no SEP (Sistema Elétrico de Potência) e em suas proximidades. Tanto o para o Curso Básico quanto para o Curso Complementar é exigido uma carga horária mínima de 40 horas, onde se deve obedecer a programação mínima exigida para cada curso.

Um item a ser destacado da NR 10 é o 10.8, o qual faz a distinção entre Habilitação, Qualificação, Capacitação e Autorização dos Trabalhadores, sendo este detalhado no item 2.2.1.1 a seguir:

#### **2.2.1.1 Documentos para o Prontuário**

Uma das mudanças mais significativas da nova redação da NR 10 foi à exigência da organização da documentação das instalações na forma de um Prontuário, que deve conter no mínimo os documentos citados a seguir:

10.2.3 As empresas estão obrigadas a manter esquemas unifilares atualizados das instalações elétricas dos seus estabelecimentos com as especificações do sistema de aterramento e demais equipamentos e dispositivos de proteção.

10.2.4 Os estabelecimentos com carga instalada superior a 75 kW devem constituir e manter o Prontuário de Instalações Elétricas, contendo, além do disposto no subitem 10.2.3, no mínimo:

- a) Conjunto de procedimentos e instruções técnicas e administrativas de segurança e saúde, implantadas e relacionadas a esta NR e descrição das medidas de controle existentes;

- b)** Documentação das inspeções e medições do sistema de proteção contra descargas atmosféricas e aterramentos elétricos;
- c)** Especificação dos equipamentos de proteção coletiva e individual e o ferramental, aplicáveis conforme determina esta NR;
- d)** Documentação comprobatória da qualificação, habilitação, capacitação, autorização dos trabalhadores e dos treinamentos realizados;
- e)** Resultados dos testes de isolamento elétrica realizada em equipamentos de proteção individual e coletiva;
- f)** Certificações dos equipamentos e materiais elétricos em áreas classificadas;
- g)** Relatório técnico das inspeções atualizadas com recomendações, cronogramas de adequações, contemplando as alíneas de “a” a “f”;

10.8.1 É considerado **trabalhador qualificado** aquele que comprovar conclusão de curso específico na área elétrica reconhecido pelo Sistema Oficial de Ensino;

10.8.2 É considerado **profissional legalmente habilitado** o trabalhador previamente qualificado e com registro no competente conselho de classe;

10.8.3 É considerado **trabalhador capacitado** aquele que atenda às seguintes condições, simultaneamente:

- a)** Receba capacitação sob orientação e responsabilidade de profissional habilitado e autorizado; e
- b)** Trabalhe sob a responsabilidade de profissional habilitado e autorizado.

10.8.4 São considerados autorizados os trabalhadores qualificados ou capacitados e os profissionais habilitados, com anuência formal da empresa;

10.8.5 A empresa deve estabelecer sistema de identificação que permita a qualquer tempo conhecer a abrangência da autorização de cada trabalhador, conforme o item 10.8.4;

10.8.6 Os trabalhadores autorizados a trabalhar em instalações elétricas devem ter essa condição consignada no sistema de registro de empregado da empresa;

Deverá ser solicitado:

#### ***Trabalhador Qualificado/Capacidade***

- Certificado de curso técnico ou de formação profissional da área elétrica, reconhecida pelo sistema oficial de ensino - Federal, Estadual ou Municipal;
- Certificado de treinamento realizado na empresa ou através de cursos especializados, conduzidos por profissional autorizado; e
- Certificado de treinamento especializado e realizado por centros de treinamento reconhecidos pelo sistema oficial de ensino.

#### ***Trabalhador Autorizado***

- Documentos de profissional qualificado, conforme acima;
  - Atestado de saúde Ocupacional - ASO, em que conste a compatibilidade de seu estado de saúde com a função;
  - Documento comprobatório de aptidão a prestarem atendimento a primeiros socorros (treinamento específico conforme anexo III da NR 10);
  - Documento comprobatório de aptidão em prevenção e combate a incêndios (treinamento específico conforme anexo III da NR 10);
- Curso Básico e SEP conforme NR 10; e
- Autorização formal da empresa anotada no seu registro de empregado.

#### ***Documentação técnica***

- Diagramas unifilares atualizados das instalações da usina AT e BT;
- Registros de manutenções preventivas, programações e relatórios;
- Procedimentos de trabalho para atividades críticas;
  - Laudos de testes de isolamento elétrica, periódicos, realizados em EPI's e EPC's (Equipamentos de Proteção Coletivos);

- Cronograma de adequações compatível com os resultados das inspeções apontados nos relatórios;
- Esquemas elétricos das instalações prediais;
- Esquemas elétricos de máquinas e equipamentos; e
- Esquemas elétricos de subestações.

#### **2.2.1.2 Documentos de Manutenção**

- Cronograma de adequações nas instalações AT;
- Cronograma de adequações nas instalações BT (Baixa tensão);
- Laudos de inspeções realizadas (AT);
- Laudos de inspeções realizadas (BT);
- Programação de manutenções preventivas (AT);
- Programação de manutenções preventivas (BT);
- Relatórios de manutenções realizadas (AT); e
- Relatórios de manutenções realizadas (BT).

#### **2.2.1.3 Documentos dos Sistema de Aterramento e SPDA**

- Laudos das medições dos aterramentos; e
- Laudos das medições do SPDA (Sistema de Proteção contra Descarga Atmosférica).

#### **2.2.1.4 Relatórios atualizados de inspeções periódicas de EPC's e EPI's**

- Aferição de instrumentos elétricos;
- Certificados de EPC's implantados;
- Certificados de EPI's implantados; e
- Especificações de ferramentas isoladas.

### **2.2.1.5 PPRA (Programa de Prevenção de Riscos Ambientais) para os EPI's**

- Procedimentos e registros - Higienização de EPI's.

### **2.2.1.6 Documentação Complementar**

- Autorização dos trabalhadores – Contrato;
- Comprovação dos treinamentos realizados;
- Terceiros - Documentação / Autorização;
- Histórico médico - Exames de Saúde;
- Plano de emergência;
- Procedimentos de trabalho padronizados;
- Sistema de combate a incêndio; e
- Sistema de identificação das atribuições.

## **2.3 Sistemas de Aterramento**

A NBR 5410 utiliza as simbologias abaixo para classificar os sistemas de aterramentos.

a) Primeira letra: situação da alimentação em relação à terra.

- T – um ponto diretamente aterrado; e
- I – isolamento de todas as partes vivas em relação à terra ou aterramento de um ponto através de uma impedância.

b) Segunda letra: situação das massas em relação à terra.

- T – massas diretamente aterradas, independentemente do aterramento eventual de um ponto de alimentação; e
- N – massas ligadas diretamente ao ponto de alimentação aterrado (em corrente alternada, o ponto de aterramento normalmente é o ponto neutro).

c) Outras letras (eventuais): disposição do condutor neutro e do condutor de proteção.

- S – função de neutro e de proteção asseguradas por condutores distintos; e
- C – funções de neutro e de proteção combinadas em um único condutor (PEN);

As instalações, segundo a mesma norma, devem ser executadas de acordo com um dos seguintes sistemas.

**Sistema TN:** Estes sistemas têm um ponto diretamente aterrado, sendo as massas ligadas a este ponto através de condutores de proteção. De acordo com a disposição do condutor neutro e do condutor de proteção, podem-se obter os sistemas TN-S, TN-C e TN-C-S, conforme mostrado abaixo nas Figuras 1 a), b) e c) respectivamente.

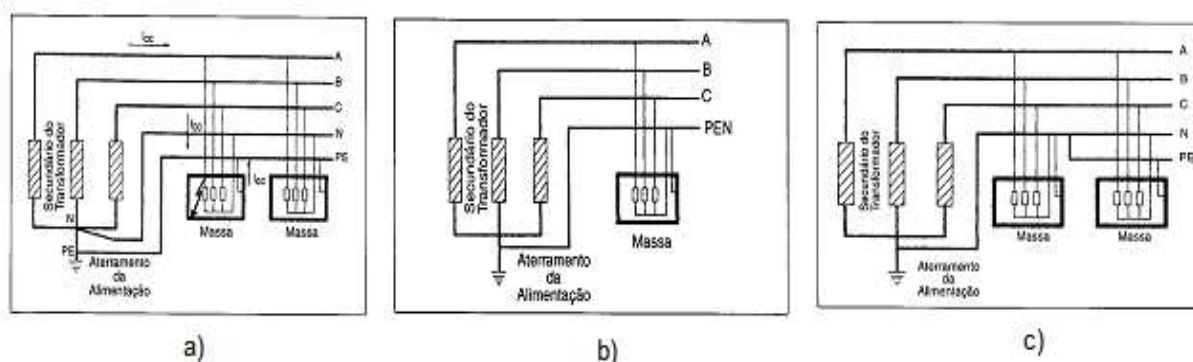


Figura 1 – Sistemas de aterramento TN.

Fonte: [3].

**Sistema TT:** Existe um ponto diretamente aterrado, sendo as massas ligadas a eletrodos de aterramentos independentes do eletrodo de alimentação. A Figura 2 a) mostra o referido sistema.

**Sistema IT:** É aquele em que o ponto de alimentação não está diretamente aterrado. No sistema IT da Figura 2 b), as instalações são isoladas da terra ou aterradas por uma impedância  $Z$  de valor elevado.



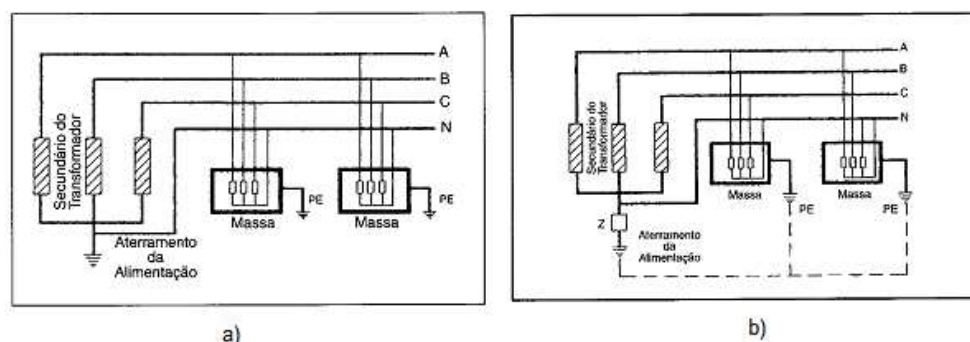


Figura 2 – a) Sistema de aterramento TT e b) Sistema de aterramento IT.

Fonte: [3].

## 2.3 Proteção Diferencial

As informações sobre proteção diferencial foram obtidas de [4].

A proteção diferencial tem como função principal proteger as pessoas ou o patrimônio contra faltas à terra, com o objetivo de:

- Evitar choques elétricos (proteção às pessoas); e
- Evitar Incêndios (proteção ao patrimônio).

Para este tipo de proteção existem o DR (Interruptor Diferencial Residual) e o DDR (Disjuntor com Proteção Diferencial).

Em relação ao DR, o mesmo não substitui um disjuntor, pois ele não protege contra sobrecargas e curtos-circuitos. Para estas proteções, devem-se utilizar os disjuntores em associação, conforme exigido o uso pela Norma Brasileira de Instalações Elétricas NBR 5410.

O DR funciona com um sensor que mede as correntes que entram e saem no circuito, conforme a Figura 3 a) abaixo. As duas são de mesmo valor, porém de direções contrárias em relação à carga. Se chamarmos a corrente que entra na carga de  $+I$  e a que sai de  $-I$ , logo a soma das correntes é igual a zero (Figura 3 b)). A soma só não será igual a zero se houver corrente fluindo para a terra (Figura 3 c)), como no caso de um choque elétrico.

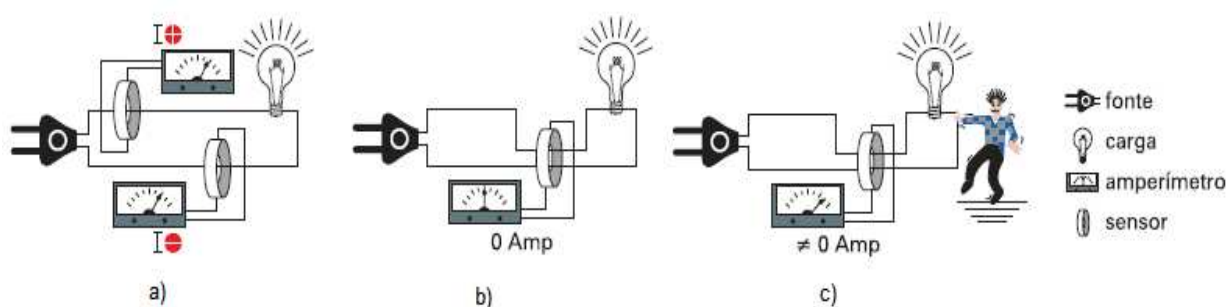


Figura 3 – Princípio de funcionamento do DR.

Fonte: [4].

A sensibilidade do interruptor varia de 30 a 500mA e deve ser dimensionada com cuidado, pois existem perdas para terra inerentes à própria qualidade da instalação.

- Proteção contra contato direto: 30mA

Contato direto com partes energizadas pode ocasionar fuga de corrente elétrica, através do corpo humano, para terra.

- Proteção contra contato indireto: 100mA e 300mA

No caso de uma falta interna em algum equipamento ou falha na isolamento, peças de metal podem tornar-se “vivas” (energizadas), podem gerar arcos / faíscas e provocar incêndios.

- Proteção contra incêndio: 500mA

O DR deve ser instalado em série com os disjuntores. Em caso de utilização de DR único, este deve ser instalado após o disjuntor geral. Em caso de um DR para cada circuito, além do principal, deverão ser instalados após cada disjuntor de saída (ou parciais ou alimentadores). Para facilitar a detecção do defeito, aconselha-se proteger cada aparelho com dispositivo diferencial. Caso isto não seja viável, deve-se separar por grupos que possuam características semelhantes. Exemplo: circuito de tomadas, circuito de iluminação, etc.

Os DDR's são disjuntores com proteção diferencial, onde já estão incorporados em um único dispositivo as funções do DR (Interruptor Diferencial) e o

Mini-Disjuntor. O DDR possui proteção diferencial contra contatos diretos e indiretos e proteção contra sobrecarga e curto-circuito. Sendo assim, o DDR tem a função tanto de proteger as pessoas dos efeitos maléficos de um choque elétrico e os equipamentos (patrimônio).

## **2.4 Revisão Bibliográfica**

Conforme a referência [5], devido à carência de literaturas específicas sobre o aprimoramento dos Laboratórios de Ensino dos Cursos de Química, a Comissão de Ensino Técnico do CRQ\_IV (Conselho Regional de Química \_IV) elaborou o referido guia para auxiliar na instalação, montagem, adequação e operação de laboratórios pertinentes à área. No que se refere à segurança, são apresentados neste os seguintes tópicos: sinalização e formas de segurança, EPI's, saídas de emergência. Também é importante destacar os itens: armazenamento de produtos químicos, meio ambiente e boas práticas laboratoriais.

No trabalho apresentado em [6], este tem como objetivo fornecer informações para os futuros profissionais das áreas relacionadas ao curso de Engenharia Química da UFSM (Universidade Federal de Santa Maria) sobre as ações seguras na utilização dos Laboratórios de Processos (Laboratório de Operações Unitárias, de instrumentação e de Controle de Processos Químicos, de Controle Ambiental, de Materiais Poliméricos e de Tintas, de Físico-Química, e Cinético e de Reações), sendo estes utilizados para o ensino, a pesquisa e extensão. Estas ações devem ser adotadas pela CIPA (Comissão Interna de Prevenção de Acidentes) e SEMST (Serviço Especializado em Segurança e Medicina do Trabalho). Também é efetuado o Mapa de Riscos e um Check-List nos referidos laboratórios, sendo estes elaborados no mês de março de 1997.

O artigo destaca a preocupação com a segurança, as doenças ocupacionais e os incidentes que as organizações devem ter nas atividades que são desenvolvidas em seus setores, pois em geral ocorre que as empresas tomam medidas corretivas e não preventivas em relação à segurança, onde às vezes, podem ocorrer situações desconfortáveis para a mesma. Ressalta-se também que o SESMT deve ter o apoio, a colaboração, sugestões e ações dos funcionários da empresa que não estão diretamente ao mesmo.

Em qualquer laboratório da área química, em especial nos anteriormente citados, o artigo apresenta algumas características e regras básicas de segurança, onde estas estão dispostas a seguir: a) é fundamental o conhecimento dos usuários no tocante à segurança para a realização dos experimentos; b) nunca conservar um reagente sem rotulação adequada, isto é, os mesmos devem possuir etiquetas informativas - perigoso ou não, tóxico, cuidados no manuseio, etc -; c) guardar em armários resistentes ao fogo e a explosão os solventes inflamáveis; d) equipamentos de aquecimento devem estar assentados sobre materiais resistentes a temperatura; e) os cilindros de gás comprimido devem estar bem fixos em bancadas ou paredes; f) a pipetagem nunca deve ser feita com a boca, e a goma dos envelopes existentes no laboratório não deve ser lambida; g) recomenda-se ter nos laboratórios agentes neutralizantes adequados ao caso de derramamento de reagentes.

No que se refere ao combate ao fogo, cada laboratório deve possuir detectores de incêndio, sistemas de alarme, cobertores de asbesto, fibra de vidro e extintores. No tocante aos extintores, estes devem ser adequados para cada tipo de material presente no laboratório. Existe também a preocupação do artigo em apresentar a segurança que devemos ter não somente no laboratório em si, mas no ambiente que o cerca, isto é, os relacionados aos resíduos destes.

Outro item destacado é sobre a NR 9 “Programa de Prevenção de Riscos Ambientais” no seu anexo IV – Mapa de Risco, onde este deve ser efetuado pela CIPA, a qual, através da NR 5 fornece as atribuições para a elaboração do referido mapa, juntamente com o SESMT. O mapa, o qual relaciona os riscos ocupacionais em grupos de acordo com a sua natureza e padronizados por cores, pode ter feito para toda a empresa, caso esta possuir pequena área, caso contrário deve ser setorizado, isto é, um mapa para cada local de trabalho.

Nas considerações do artigo, este apresenta os resultados do Check-List efetuado nos laboratórios, bem como após execução do Mapa de Riscos, apresenta também o que deve ser melhorado nos mesmos. Para o Check-List os itens levantados foram: a) arrumação e limpeza; b) condições do piso e dos equipamentos; c) iluminação e aterramento elétrico; d) ventilação; e) equipamentos e saída de emergência; f) ruído; g) situações ergonômicas; h) rotulagem e armazenamento dos produtos químicos; i) tratamento de efluentes; j) EPI's (Equipamentos de Proteção Individual). Em relação ao Mapa de Risco elaborado e após o Check-List executado, foram observados os seguintes itens: a) deveriam ser

melhorados os equipamentos de emergência para os acidentes químicos, bem como para pequenas explosões (início de incêndio); b) os laboratórios não possuem saídas de emergência; c) melhorar os sistemas de rotulagem e armazenamento dos produtos químicos; d) ampliar as informações de inflamabilidade e toxidez dos produtos manuseados.

Por final, o artigo afirma que devido aos laboratórios não contarem com grande frequência de utilização, e nem de exigir grande grau de complexidade na execução das tarefas, estes apresentam condições de segurança razoáveis e riscos de acidentes mínimos, mas que estes continuam existindo.

Em [7], a técnica de aprendizado utilizando instrumentos virtuais requer também procedimentos de segurança para o processo. Já na referência [8], em seu trabalho de conclusão de curso, o mesmo faz uma comparação das novas exigências que a NR 10 trouxe para os serviços em eletricidade.

Um trabalho a ser destacado também é o apresentado na dissertação de mestrado [9], sendo que as condições de trabalho em laboratórios de ensaios de materiais elétricos expõem os operadores a riscos de acidentes. Assim, foi proposta uma sistemática para a minimização de tais riscos. No artigo apresentado no ENEGEP (Encontro Nacional de Engenharia de Produção) [10], os procedimentos sistêmicos e técnicos utilizados no LAMED (Laboratório de Medidas Elétricas) da UNIJUI (Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul) mostram os benefícios obtidos em relação à padronização dos serviços, bem como a segurança para os seus colaboradores.

Em relação à avaliação das condições ambientais em laboratórios de pesquisa, a referência [11] apresentou no 24º CBESA (Congresso Brasileiro de Engenharia Ambiental e Sanitária) a importância do levantamento executado no laboratório de química, bem como as práticas de segurança a serem adotadas para o bem estar dos pesquisadores.

### 3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Nesta seção são apresentadas as diversas fotos (Fonte: Autor) obtidas através da visita in-loco nos Laboratórios de Máquinas Elétricas I, II e III utilizados no curso de Engenharia Elétrica da Faculdade SATC<sup>®</sup>, bem como a apresentação do Check-List realizado nos mesmos.

#### 3.1 Prédios dos Laboratórios do curso de Engenharia Elétrica

Os principais laboratórios utilizados no curso de Engenharia Elétrica na área profissionalizante estão localizados em 2 (dois) prédios, onde estes são denominados “Prédio da Elétrica” e “Prédio da Eletrônica”. No “Prédio da Elétrica” estão localizados os Laboratórios de: Máquinas Elétricas I, Máquinas Elétricas II, Acionamentos Elétricos I, Máquinas Elétricas III, Instalações Elétricas, Acionamentos Elétricos II, Acionamentos Elétricos III e de Informática. Já no “Prédio da Eletrônica” estão localizados os laboratórios de: Eletrônica Aplicada, Eletrônica Básica, Experimentação Remota e Redes Industriais, Automação I, Automação II, Microprocessadores, Eletrônica de Potência, Telefonia, Telecomunicações, Redes de Computadores e de Informática.

O ANEXO apresenta o mapa de localização de cada laboratório acima mencionado. A Figura 4 abaixo mostra uma foto do “Prédio da Elétrica” onde estão localizados os Laboratórios de Máquinas Elétricas I, II e III.



Figura 4 – Foto do prédio onde estão localizados os Laboratórios de Máquinas Elétricas I, II e III.

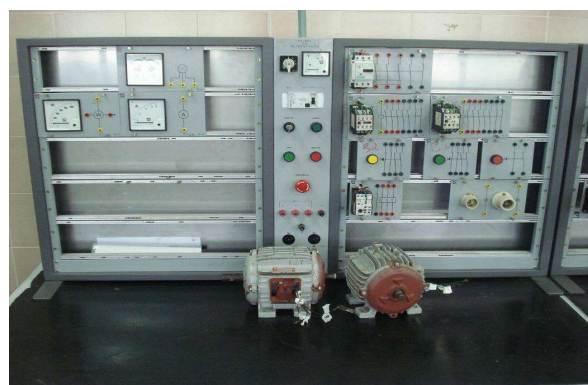
### 3.2 Laboratório de Máquinas Elétrica I

O Laboratório de Máquinas Elétrica I é utilizado principalmente para a parte de rebobinagem de pequenos transformadores e motores elétricos, onde neste estão as bancadas de montagens e as bancadas de teste. Os materiais utilizados nestes são os fios esmaltados, cujas secções são especificadas através do sistema AWG (American Wire Gauge).

A seguir, são mostradas algumas fotos do referido laboratório. A Figura 5 a) apresenta uma visão geral do Laboratório de Máquinas Elétricas I, onde podem ser observadas as bancadas de montagens, as bancada testes e alguns motores para serem rebobinados. Já a Figura 5 b) mostra a foto de uma bancada de teste, a qual é utilizada nos motores que foram rebobinados.



a)



b)

Figura 5 – a) Visão geral do Laboratório de Máquinas Elétricas I e b) Bancada teste.

As figuras a seguir mostram em detalhes os dispositivos utilizados nas bancadas de teste, onde nestas ocorrem a energização dos equipamentos que foram rebobinados. Nas demais bancadas e procedimentos efetuados para a rebobinagem dos pequenos transformadores e dos motores não ocorre nenhuma interação com a rede elétrica, haja vista que estes procedimentos são manuais.

A Figura 6 a) mostra os dispositivos de segurança para energização do painel; a Figura 6 b) o dispositivo de segurança contra eventuais acidentes e a Figura 6 c) mostra novamente o dispositivo de segurança contra eventuais acidentes, bem como uma chave seletora para verificação dos níveis de tensão do painel, quando este estiver energizado.



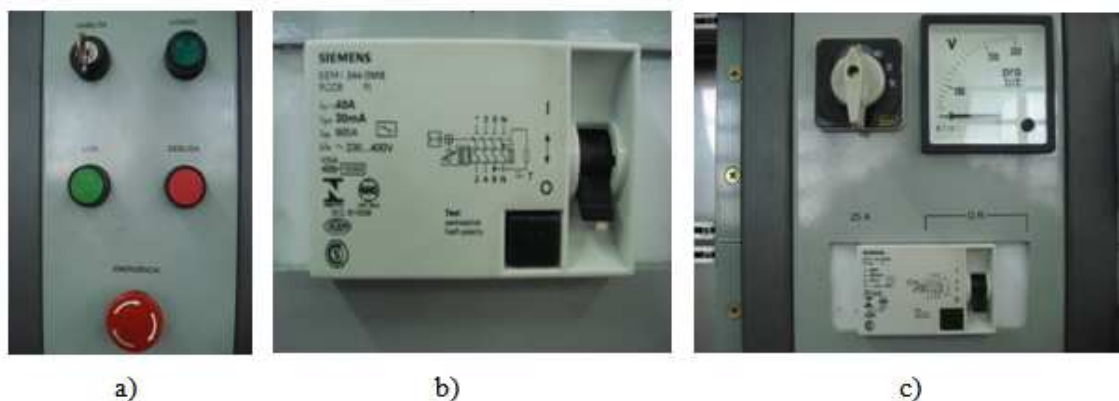


Figura 6 – a) Dispositivo de segurança para energização do painel; b) Dispositivo contra acidentes e c) Dispositivo de segurança para mostrar a energização do painel.

A Figura 7 a) abaixo mostra uma placa de identificação de um motor rebobinado, e nesta aparece os níveis de tensão para os testes e funcionamento do motor, sendo este de 220V/380V, e a Figura 7 b) o painel geral de proteção do referido laboratório.

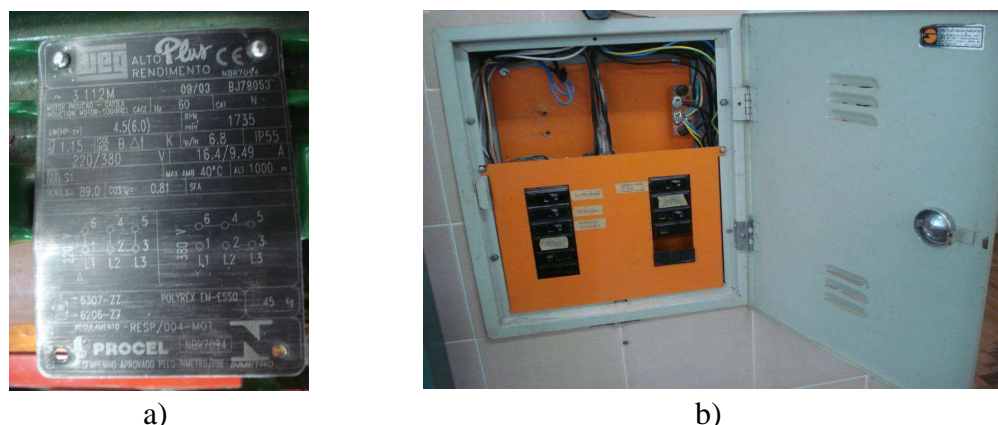


Figura 7 – a) Placa de identificação de um motor e b) Painel geral de proteção do laboratório.

### 3.3 Laboratório de Máquinas Elétrica II

O Laboratório de Máquinas Elétrica II é utilizado principalmente para o experimento de geração de energia. Neste laboratório existe um painel geral de força e um painel auxiliar, o qual comanda e controla uma máquina primária (motor CC – Corrente Contínua), sendo que este fornece energia mecânica rotacional ao gerador de energia, sendo este denominado de máquina síncrona. Ainda, para verificarmos o comportamento do gerador, é aplicada uma carga no mesmo, isto é, um motor elétrico o qual varia a sua carga através de um freio eletromagnético



denominado “Freio de Focault”.

A seguir, apresentamos algumas fotos do laboratório. A Figura 8 a) fornece uma visão geral e mostra o painel de força, o painel auxiliar, bem com o motor CC e o gerador de energia. A Figura 8 b) mostra o “Freio de Focault”.



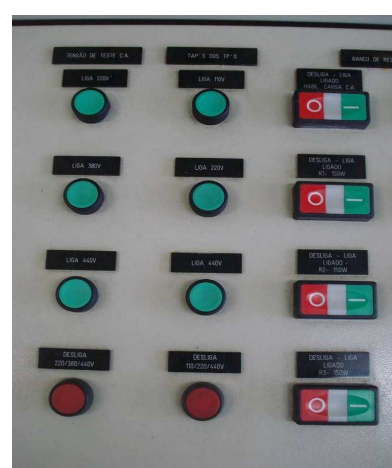
a)



b)



c)



d)

Figura 8 – a) Painel de força, auxiliar, máquina CC e gerador de energia e b) “Freio de Focault”.

c) Botões de comando do painel auxiliar e d) Detalhes dos botões de comando.

As Figuras 8 c) e 8 d) acima mostram respectivamente diversos botões de comando do painel auxiliar e detalhes dos botões de comando, onde escolhem-se os níveis de tensão trifásicas de 220V, 380V ou 440V.

As Figuras 9 a), b) e c) mostram respectivamente as placas de identificação do gerador de energia, do motor utilizado como carga e do motor CC, onde verificamos que os níveis de tensão em CA – Corrente Alternada podem chegar a 440V e em CC 220V.



a)



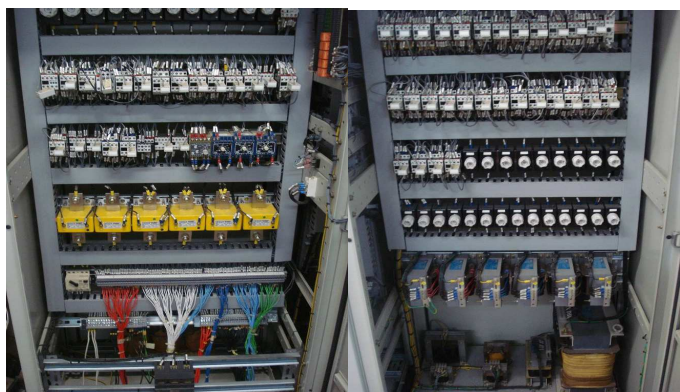
b)



c)

Figura 9 – Placas de identificação das máquinas: a) Gerador de energia, b) Motor de corrente alternada e c) Máquina CC.

Em relação ao painel de controle e às ligações da máquina CC, do gerador de energia, do motor de corrente alternada e do “Freio de Foucault” (este é alimentado em CC até 70V), ocorre a interação direta com os professores e alunos para executarem as experiências. Nas Figuras 10 a) e b) apresentamos as partes internas do painel de força, bem como o sistema de proteção geral do laboratório, sendo que nestes não ocorre a interação dos alunos.



a)



b)

Figura 10 – a) Partes internas do painel de força e b) Sistema de proteção geral do laboratório.

### 3.4 Laboratório de Máquinas Elétrica III

O Laboratório de Máquinas Elétrica III é utilizado para as diversas experiências relacionadas a motores e transformadores, tanto monofásicos quanto trifásicos, além de motores CC e geradores de energia. Dentre estas se destacam: Transformadores em série em paralelo; Ligação dos Transformadores em  $\Delta$ (triângulo) e Y(estrela); Verificação da Forma de Onda da Corrente a Vazio e da Corrente Transitória; Curva de Saturação em Vazio; Determinação dos Parâmetros do Circuito Equivalente do Transformador; Levantamento da Curva do Fator de Potência do Rendimento e da Rotação do Motor Trifásico e Monofásico Assíncrono (Indução) de Gaiola de Esquilo (Rotor em Curto); Ligação  $\Delta$  e Y e Medição das Correntes do Motor Trifásico Assíncrono de Gaiola de Esquilo; Ligação, Mudança de Sentido de Rotação e Controle de Velocidade do Motor Trifásico Assíncrono de Rotor Bobinado (Anéis); Motor Monofásico de Assíncrono de Gaiola de Esquilo.

Neste laboratório ocorre a interação direta com a energia elétrica até os níveis tensão de 300V em CC e 440V em CA. O nível de tensão alcançado em CC se deve a fonte controlável e a tensão de 440V em CA a transformadores. Nas figuras a seguir são apresentadas fotos do laboratório, sendo este bastante utilizado pelos acadêmicos devido às experiências que podem ser efetuadas no mesmo. As Figuras 11 a) b) dão uma visão geral do laboratório, sendo que este é composto por 5(cinco) bancadas para as experiências. Sobre as bancadas ficam os materiais e os equipamentos para as experiências. A Figura 12 a) mostra alguns transformadores e motores, bem como painel de proteção da bancada, e na Figura 12 b) é apresentado o painel de proteção geral do laboratório e a proteção da bancada.



a)



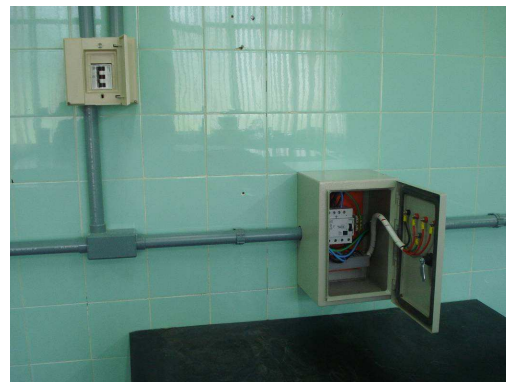
b)

Figura 11 – a) e b) Disposição das bancadas do laboratório.





a)



b)

Figura 12 – a) Bancada com os equipamentos e sistema de proteção e b) Sistema de proteção do laboratório e da bancada.

A Figura 13 a) mostra em detalhes o sistema de proteção geral do laboratório, isto é, o mesmo é protegido um disjuntor trifásico de 50A, e a Figura 13 b) a proteção de cada bancada com um disjuntor do tipo residual (DDR) cuja corrente nominal é de 25A e a proteção contra eventuais acidentes é de 300mA.



a)



b)

Figura 13 – a) Disjuntor trifásico de 50A para a proteção do laboratório e b) Disjuntor trifásico de 25A do tipo residual para a proteção da bancada.

As figuras abaixo mostram em detalhes alguns equipamentos utilizados nos laboratórios, onde destacamos os níveis de tensão de alimentação e/ou suprimento, no caso das fontes reguladoras de CC e CA. A Figura 14 a) mostra a parte de trás da fonte reguladora, sendo que está é alimentada em 220V CA, e a Figura 14 b) a sua parte frontal, onde os níveis de tensão de saída são de até 300V CA e CC.



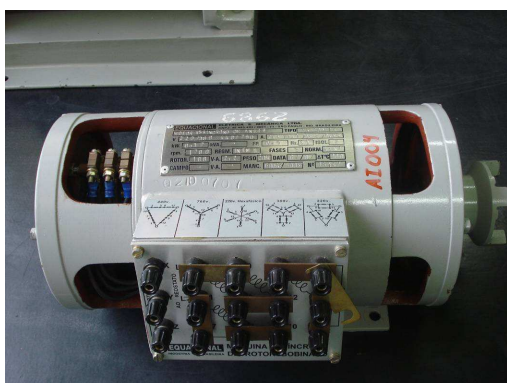
a)



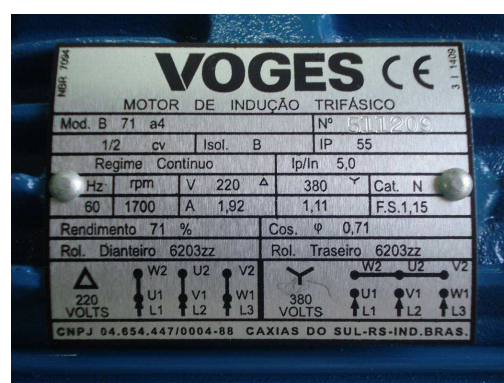
b)

Figura 14 – Fonte reguladora de tensão: a) Parte de traseira e b) Parte frontal

As Figura 15 e 16 mostram os tipos de motores e de transformadores utilizados nos experimentos.

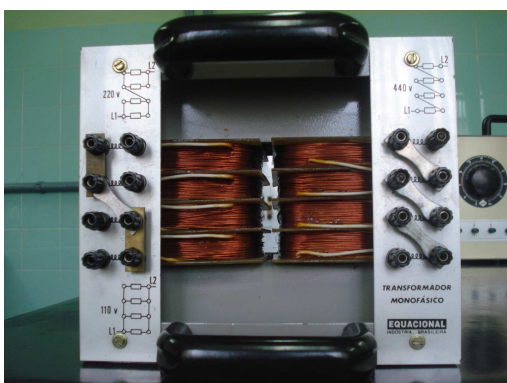


a)



b)

Figura 15 – Motores: a) Motor trifásico de rotor bobinado e b) Placa de identificação de um motor trifásico de gaiola de esquilo



a)



b)

Figura 16 – Transformadores: a) Transformador monofásico- entrada 110V/220V e saída 440V e b) Placa de identificação de um transformador trifásico.

### 3.5 Diagnósticos (Check-List) nos Laboratórios de Máquinas Elétricas

Para a realização do Check-List, será tomado o “Prédio da Elétrica” como sendo uma empresa, e os Laboratórios de Máquinas Elétricas I, II e III como sendo os seus locais relacionados à utilização e intervenção com a rede elétrica. O referido prédio possui potência instalada de 165kVA, onde são 3(três) transformadores, sendo 2(dois) de 45kVA e um de 75kVA. Destacamos que o foco do trabalho está direcionado aos laboratórios, pois a atuação dos professores, pesquisadores e alunos/bolsistas estão ligadas a estes.

Faz-se necessário destacar que em todos os laboratórios existem sistemas de proteção e que os níveis de tensão no Laboratório de Máquinas I é de 380V, o de Máquinas II pode chegar a 440V em CA e 220V em CC, e que o de Máquinas III pode chegar até 440V em CA e 300V em CC. Conforme item 2.2.1 Norma Regulamentadora NR 10 da presente monografia e os seus subitens, é apresentado a seguir a Tabela 1 denominada Check-List do Prédio da Elétrica.

Tabela 1- Check-List Prédio da Elétrica

Item da NR10	Descrição	Atende	Não Atende
10.2.3	Esquemas unifilares		X
	Especificação de aterramento e dispositivos de proteção	X	
10.2.4	Procedimentos e instruções técnicas de segurança e saúde		X
	Medidas de controle		X
	Inspeção e medição do SPDA		X
	Inspeção e medição do aterramento		X
	Especificação dos EPC's	X	
	Especificação dos EPI's	X	
	Especificação das ferramentas		X
	Documentação da qualificação, habilitação ou capacitação	X	
	Documentação da autorização dos trabalhadores		X
	Documentação dos treinamentos realizados	X	
	Resultados dos testes de isolamento elétrica nos EPI's		X
	Resultados dos testes de isolamento elétrica nos EPC's		X
	Certificação dos equipamentos e materiais elétricos		X
	Relatório das inspeções atualizadas com recomendações		X

É importante observar que no decorrer do desenvolvimento desta monografia, a Faculdade SATC<sup>®</sup> já estava tomando algumas providências para a regularização das exigências da NR 10, como exemplo as informações do Anexo A. Portanto as informações relacionadas à Tabela 1 foram obtidas após conversa com os responsáveis das áreas e são específicas aos laboratórios relacionados a esta monografia.

A grande dificuldade imposta à utilização dos laboratórios para a realização das experiências com os alunos do curso de Engenharia Elétrica é como proceder com os mesmos, haja vista que estes estarão interagindo com a rede elétrica em situações de até 440V em CA e 300V em CC.

## 4 ANÁLISE DOS DADOS E PROPOSTAS DE SEGURANÇA

Nesta seção serão apresentadas as análises dos dados obtidos através da visita in-loco nos laboratórios, bem como as propostas de segurança que deverão ser executadas para o atendimento da NR 10, conforme Check-List apresentado no Item 3.5 do capítulo anterior.

### 4.1 Análise dos Dados e Sugestão de Materiais/Equipamentos

Primeiramente, deve-se destacar que nos os laboratórios existem sistemas de proteção individualizados, isto é, quando aplicados em bancadas de testes. Também foi verificado que em todos os laboratórios existem o condutor de aterramento conectado nos painéis e que existem placas de identificação nestes, fornecendo no mínimo a tensão de utilização e a sua corrente.

Em relação ao Laboratório de Máquinas I, verifica-se através da Figura 4 a), b) e c) que os 2 (dois) painéis de teste possuem dispositivos de proteção adequados, em especial ao acionamento do painel e a proteção do mesmo, onde a Figura 4 b) mostra um DDR de 40A e cuja proteção contra contatos diretos é de 30mA, sendo adequado para a utilização em laboratórios.

A Figura 5 b) apresenta o sistema de proteção geral do laboratório. Constata-se que este se encontra inadequado, pois possui partes abertas e os disjuntores já estão com suas vidas úteis ultrapassadas (mais de 25 anos). Sugere-se a substituição do painel com material poliuretano ou similar, e que os disjuntores sejam substituídos pelos mesmos valores de suas correntes nominais atuais, mas que estes sejam de classe C. Também, é aconselhável a instalação de um contactor para o acionamento geral do painel, como o existente no Laboratório de Máquinas II. Este contactor encontra-se ligado antes dos disjuntores, e seu acionamento é executado por meio de botões pulsadores. Com este sistema, caso ocorra uma falta no laboratório, isto é, o desarme do disjuntor geral do painel, deve-se desligar o contactor, rearmar o disjuntor e posteriormente acioná-lo.

Para o Laboratório de Máquinas Elétricas II, apesar do mesmo possuir o painel de força e o de comando com diversas proteções, verificou-se que o mesmo



não possui DR ou DDR para eventuais contatos diretos e que o painel de proteção geral também (Figura 8 b)) está com as mesmas características do Laboratório de Máquinas Elétricas I.

Neste laboratório há um contactor para a energização geral, conforme mencionado anteriormente, e que o mesmo deve ser substituído devido a sua vida útil já ultrapassada. Este contactor também possibilita a energização do Laboratório de Máquinas III e este deve ficar restrito a este laboratório.

Em resumo, para este laboratório devem-se substituir o contactor geral e este deve ficar para uso exclusivo ao mesmo; substituir o painel com material poliuretano ou similar e que tenha um disjuntor geral trifásico e os demais disjuntores sejam do tipo DDR, com as correntes nominais iguais aos atuais, mas que os mesmos tenham a proteção contra contatos diretos, isto é, valor de 30mA, e que sejam de classe C.

No Laboratório de Máquinas III há um disjuntor trifásico geral para o mesmo, cujo valor é de 50A sendo este da classe C (Figura 11 a)). Cada bancada possui um DDR de 25A, e cuja proteção é somente para contatos indiretos, isto é, possui o valor de 300mA (Figura 11 b)). O que deve ser modificado neste laboratório é a sua desconexão do Laboratório de Máquinas II, onde este deverá possuir um contactor geral antes do disjuntor de 50A, e os DDR sejam substituídos para proteção contra contatos diretos, isto é, com valor de 30mA ao invés de 300mA, e que suas correntes nominais e classe sejam mantidas.

#### **4.1 Propostas de Segurança**

Em relação às propostas de segurança, a mesma não tem como o objetivo contemplar os itens relacionados na Tabela 1, pois esta se refere ao “Prédio da Elétrica”, fugindo assim do escopo do presente trabalho. As propostas de segurança a seguir referem-se somente à utilização dos Laboratórios de Máquinas Elétrica I, II e III.

O primeiro documento a ser criado deve ser o procedimento para a utilização dos laboratórios nas aulas práticas, e assim foi elaborado um padrão conforme diretrizes da Faculdade SATC<sup>®</sup>. No APÊNDICE A mostramos um modelo

de procedimento para a utilização dos laboratórios de máquinas elétricas, o qual é utilizado no Laboratório de Máquinas Elétricas III.

Posteriormente foram criados os roteiros das experiências a serem aplicadas em cada laboratório. Também existe um padrão conforme diretrizes, e o APÊNDICE B possui um modelo de roteiro de experiência, o qual é utilizado no Laboratório de Máquinas Elétricas III. Observar que neste arquivo existe o procedimento associado ao mesmo, isto é, o procedimento de utilização do referido laboratório.

Para o caso de utilização dos laboratórios por parte dos alunos efetuarem as experiências deve ocorrer a capacitação destes, independente se já possuem o curso exigido pela NR 10, pois o mesmo estará atuando em outra área que não seja ao do seu dia a dia. Assim, conforme os subitens a) e b) do item 10.8.3 da referida norma, a mesma diz que o trabalhador seja capacitado. Neste caso os alunos devem receber capacitação sob orientação e responsabilidade de profissional habilitado e autorizado, e trabalhe sob a responsabilidade de profissional habilitado e autorizado.

Como os alunos já possuem conhecimento da área elétrica, isto é, já tiveram disciplinas teóricas no decorrer do curso antes de qualquer aula prática relacionada à elétrica, a proposta para a capacitação destes está relacionada aos procedimentos de utilização dos laboratórios (APÊNDICE A) e dos roteiros das experiências (APÊNDICE B). Assim, como as experiências e a utilização dos Laboratórios de Máquinas I, II e III ocorrem de forma simultânea, a sugestão para este caso é realizar a capacitação dos alunos na primeira aula prática a ser realizada, contemplando 2 (duas) horas de curso, conforme modelo do APÊNDICE C.

Destaca-se ainda que os procedimentos e os roteiros de todas as experiências a serem executadas nos laboratórios dos prédios da elétrica e da eletrônica deverão ser repassados aos alunos bolsistas de cada prédio. Deverá ocorrer também à capacitação destes, em especial no caso de incremento ou mudança de experimento a ser efetuado nos laboratórios.

## 5 CONCLUSÃO

Em relação ao trabalho desenvolvido, o mesmo proporcionou a contribuição para a adequação da NR 10 nos laboratórios de ensino, pesquisa e extensão para a área elétrica, haja vista aos poucos trabalhos desenvolvidos nesta área, e em especial aos procedimentos de utilização e de segurança dos Laboratórios de Máquinas Elétricas I, II e III utilizados pelo curso de engenharia Elétrica da Faculdade SATC<sup>®</sup>.

Em relação à estrutura da segurança e a proteção das instalações elétricas dos referidos laboratórios, em todos há sistemas de aterramento, mas constatou-se que no Laboratório de Máquinas Elétricas II não existe a proteção diferencial, e no Laboratório de Máquinas Elétricas III os DDR's são inadequados para o local, bem como nos Laboratórios de Máquinas Elétricas I e II os disjuntores estão com sua vida útil já ultrapassada. Percebe-se que para a adequação destes laboratórios às exigências da NR 10, existe a necessidade de um investimento financeiro relativamente baixo. Contudo, o resultado do investimento a ser realizado é intangível, pois está relacionado à segurança patrimonial e de vidas humanas.

A grande preocupação está na manutenção e na utilização com segurança dos laboratórios, em especial quando os alunos forem executar nestes as aulas práticas. Assim, foram propostos procedimentos de utilização dos laboratórios, roteiros das aulas práticas e em especial um modelo para a capacitação dos alunos para a utilização destes nos laboratórios. A capacitação dos alunos está diretamente ligada à segurança por meio dos níveis de tensão que determinados laboratórios podem fornecer, podendo chegar a 440V em CA e a 300V em CC. O modelo proposto para a capacitação dos alunos deverá ser reformulado para cada um dos laboratórios utilizados pelo curso de Engenharia Elétrica da Faculdade SATC<sup>®</sup>, devido às suas características peculiares a cada um e no desenvolvimento das experiências nestes.

Em relação à habilitação dos professores que lecionam as aulas práticas, observa-se que existe somente a necessidade dos mesmos possuir o curso Básico da NR10, haja vista que estes não irão interagir com a rede elétrica de AT, para o caso específico dos laboratórios estudados neste trabalho.

A instituição SATC<sup>®</sup> já está providenciando os itens relacionados ao

prontuário das instalações elétricas, em especial aos especificados na Tabela 1 apresentada no Item 3.5 do presente trabalho, pois determinados itens verificados não estão sendo atendidos. Ainda, fica como sugestão para utilização pela SATC<sup>®</sup> a documentação proposta no Item 2.2.1.1, o qual detalha as exigências da NR 10 em relação à documentação técnica e de manutenção, do sistema de aterramento e SPDA, as inspeções nos EPI's e EPC's, entre outros documentos.

Em relação aos trabalhos futuros, existe a necessidade de estudos complementares relacionados aos riscos ambientais, ergonomia, proteção contra incêndio, sinalização de segurança e especificação de ferramentas e materiais/equipamentos utilizados para a realização dos experimentos, bem como o procedimento e os testes a serem realizados nestes.

## REFERÊNCIAS

- [1] MANUAIS DE LEGISLAÇÃO ATLAS. **Segurança e Medicina do Trabalho**. 63 Ed., Editora Atlas S.A., São Paulo, 2009.
- [2] SATC®.< <http://www.portalsatc.com>>. Acesso em: 01 dezembro de 2010.
- [3] FILHO, J. M. **Instalações Elétricas Industriais**. 6ª Edição, LTC – Rio de Janeiro / RJ - 2002.
- [4] GE – **Catálogo de Informações sobre Proteção Diferencial**. Edição 19.01.2010 – MKTG/KE.
- [5] Conselho Regional de Química: IV Região (SP-MS). Comissão de Ensino Técnico. **Guia de Laboratório para o Ensino de Química: Instalação, Montagem e Operação**. Agosto de 2007.
- [6] LAGO, S. C. B. **Aplicação Prática de Atividades de Inspeção de Segurança e Elaboração de Mapa de Riscos**. UFSM – CT- Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção. Junho de 1997.
- [7] RODRIGUES, C. R. **Instrumentação Virtual como Forma de Integração entre a Teoria e Prática no Ensino de Medidas Elétricas**. XXIX Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia. Porto Alegre, Setembro de 2001.
- [8] LOURENÇO, H. **Análise da Segurança do Trabalho em Serviços com Eletricidade sob a Ótica da Nova NR-10**. Trabalho de Conclusão de Curso. Faculdade Dinâmica das Cataratas. Foz do Iguaçu, 2008.
- [9] BURMANN, L. S. **Sistemática para Avaliar as Condições de Segurança e Saúde em Laboratório de Ensaios de Materiais Elétricos**. Dissertação de Mestrado. Porto Alegre, Março de 2008.

[10] DUARTE, L. C. da S. et AL. **A Influência do Sistema de Gestão da Qualidade no Laboratório de Metrologia Elétrica da Unijuí.** ENEGEP - 2007

[11] SILVA, E. R. **Avaliação das Condições Ambientais e de Segurança em Laboratórios de Pesquisa do Instituto de Química da Universidade do Estado do Rio de Janeiro.** 24<sup>o</sup> Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Setembro de 2007. Belo Horizonte – MG.

## APÊNDICE

## APÊNDICE A – Modelo de Procedimento para Utilização dos Laboratórios de Máquinas Elétricas



FACULDADE SATC

### PROCEDIMENTO DE LABORATÓRIO



CRICIUMA-SC





**Faculdade  
SATC**

ANO/SEMESTRE: 2011/1

DATA: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

PROCEDIMENTO: ENG-PRO-1.18.08.02

LABORATÓRIO: MÁQUINAS ELÉTRICAS III



## PROCEDIMENTO DE AULA PRÁTICA

### Objetivo:

Padronizar e nortear as atividades práticas, visando à segurança dos usuários, bem como a conservação dos equipamentos e ferramentas a serem utilizadas.

### Campo de Aplicação:

Deverá ser utilizado em qualquer aula prática a ser realizada pelo curso de engenharia elétrica nos laboratórios de eletroeletrônica, informática e computação.

### Recomendações de uso do laboratório:

Com o objetivo de preservar este laboratório, bem como tudo que o mesmo contém, é importante que algumas regras sejam seguidas:

1. Nunca retire ou troque os equipamentos de posição no laboratório, caso isto seja realmente necessário solicite aos técnicos ou bolsistas de laboratórios;
2. Utilize e guarde com cuidado as pontas de provas e cabos dos equipamentos;
3. Qualquer dúvida sobre a utilização dos equipamentos consulte os experimentos; e em caso de ausência dos mesmos solicite informação aos técnicos e bolsistas dos laboratórios;
4. Deixe o laboratório sempre organizado ao término das aulas; e
5. Comunique quaisquer danos encontrados ou que ocorreram durante a aula no laboratório (equipamentos, mobília, instalações, ferramentas, etc.). Esta comunicação deve ser feita via formulário próprio deixado sobre a mesa do professor, e também verbalmente aos técnicos e bolsistas dos laboratórios.

### Riscos potenciais:

Riscos aos quais estão expostos os usuários durante a execução da aula prática:

- Choque elétrico;
- Queimaduras por efeito joule por explosão dos componentes; e



**Faculdade  
SATC**

ANO/SEMESTRE: 2011/1

DATA: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

PROCEDIMENTO: ENG-PRO-1.18.08.02

LABORATÓRIO: MÁQUINAS ELÉTRICAS III



- Danos na visão ou face causada explosão de componentes.

Obs.: Os riscos acima mencionados serão sensivelmente reduzidos, quando o usuário seguir as regras descritas abaixo.

**Recomendações de segurança do laboratório:**

A interação com a eletricidade pode trazer consigo uma série de riscos, riscos estes que devem ser tratados com muita importância a fim de preservar a integridade física dos usuários.

1. Manipular somente circuitos desenergizados e ligá-los somente com autorização do professor ou profissional habilitado;

2. No surgimento de qualquer dúvida, seja na montagem, ou durante a realização dos testes nos circuitos eletroeletrônicos, solicitar a verificação do professor;

3. Evitar qualquer tipo de brincadeira ou ação que possa distrair ou ainda causar lesões e qualquer outro tipo de dano no indivíduo ou no grupo;

4. Utilizar os equipamentos de proteção individual ou coletiva disponibilizados no laboratório;

5. Informar ou orientar qualquer indivíduo no caso de ação perigosa seja ela por falta de conhecimento ou até mesmo por ação deliberada;

6. Socorrer (caso tenha habilidade) ou buscar socorro imediato no caso de evento danoso a qualquer indivíduo;

7. Sempre que for possível utilizar vestimentas que possam auxiliar na proteção contra quaisquer riscos. De preferência utilizar em aulas práticas sempre roupa cobrindo os ombros e as pernas, além de calçados fechados;

8. Sempre utilizar as ferramentas segundo suas funções e especificações; e

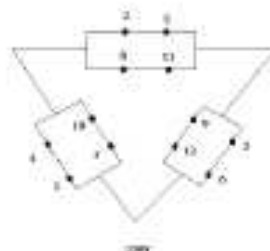
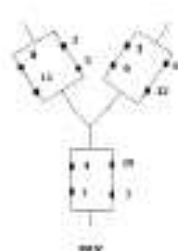
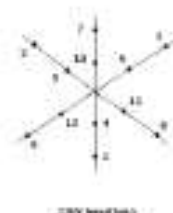
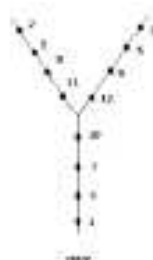
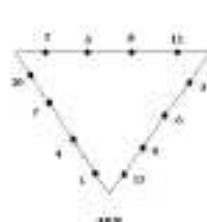
9. Não utilizar adornos que possam trazer riscos ao bem estar físico do indivíduo (anéis, correntes, pulseiras, relógios, etc.).



# Descrição da atividade:

- 1- Executar a ligação em 220V no estator.
- 2- Partir o motor sem o reostato no rotor. O que acontece? Porquê?
- 3- Curto circuitar o rotor e partir o motor. O que acontece? Porquê? Meça a corrente do rotor.
- 4- Insira o reostato no rotor do motor no máximo. O que acontece?
- 5- Inverta 2 fases quaisquer do estator para verificar a mudança de rotação do motor, e posteriormente inverta as 3 fases entre si.
- 6- Utilize o reostato para controlar a velocidade do motor de anéis, e meça a corrente do estator e a do rotor de acordo com a diminuição da resistência do reostato.

Motor assíncrono de indução		Tipo EL1 00M/1	
V 220/380/440/760		Δ 1A/0,9/0,8/0,45	
kW 0,37		MVA - 0,8	
rpm 1700		Fases 3	
Reg. BvBMT		Norm. ABNT	
Rotor 100W		Data 07/17	
A - 2,2		0,1°C 100	
Campo - V A -		Mant. 00012/00062	
		Nem 16143	



**Alteração da Atividade:** Neste local o aluno irá descrever e justificar, quando houver mudanças que alterem a descrição da atividade fornecida pelo professor.

--

**Relação de ferramentas e materiais utilizados:**

- |  |
|--|
| <ul style="list-style-type: none"><li>- 1 Voltímetro.</li><li>- 2 Amperímetros ( um com escala de 1A e outro com escala de 3A).</li><li>- 1 Motor trifásico de rotor bobinado de 12 pontas 0,37kW 220/380/440/760V.</li><li>- Reostato trifásico.</li><li>- Cabos.</li></ul> |
|--|

**Coleta de dados:** Neste local o aluno transcreve os dados obtidos durante a execução prática da atividade.

--

**Mais informações:** Neste local os alunos descrevem informações adicionais. Estas informações adicionais podem ser dificuldades encontradas, acontecimentos inesperados ou qualquer outra informação que seja relevante.

--

**Análise dos resultados:** Neste local os alunos descrevem sua análise baseada no consenso do grupo relacionando teoria e prática.

--



## APÊNDICE C – Modelo para a Capacitação dos Alunos para a Utilização Laboratórios de Máquinas Elétricas



**Faculdade  
SATC**

ANO/SEMESTRE: 2011/1

DATA: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

PROCEDIMENTO: ENG-PRO-1.18.08.02

LABORATÓRIOS: MÁQUINAS ELÉTRICAS I, II e III



### CAPACITAÇÃO DOS ALUNOS PARA A UTILIZAÇÃO DOS LABORATÓRIOS

#### Objetivo:

Padronizar a capacitação dos alunos para os procedimentos de utilização dos laboratórios, bem como os roteiros das experiências a serem executadas, norteadas as atividades práticas, visando à segurança dos usuários, bem como a conservação dos equipamentos e ferramentas a serem utilizadas.

#### Campo de Aplicação:

Deverá ser utilizado em qualquer aula prática a ser realizada pelo curso de engenharia elétrica nos laboratórios de eletroeletrônica, informática e computação.

#### Tempo e Período da Capacitação:

- 2 (duas) semestrais; e
- Todo semestre.

#### Conteúdo da Capacitação:

- Apresentar os Procedimentos de Segurança associados aos Laboratórios de Máquinas Elétricas I, II e III - ENG-PRO-1.18.08.02;
- Visita aos laboratórios para verificação dos equipamentos que os compõem;
- Verificação dos níveis de tensão associados aos mesmos bem como o funcionamento dos sistemas de comando e proteção dos laboratórios;
- Apresentação das experiências a serem realizadas, direcionando a execução destas em cada laboratório; e
- Explicação geral da segurança em eletricidade e da segurança a ser adotada nos laboratórios.



**Faculdade  
SATC**

ANO/SEMESTRE: 2011/1

DATA: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

PROCEDIMENTO: ENG-PRO-1.18.08.02

LABORATÓRIOS: MÁQUINAS ELÉTRICAS I, II e III



**Assinaturas dos Alunos Capacitados no Semestre:**

Nome do Aluno Capacitado	Assinatura do Aluno Capacitado

**Nome e Assinatura do Professor que Efetuou a Capacitação:**

\_\_\_\_\_

Professor: \_\_\_\_\_

## **ANEXO**

**Mapa dos Laboratórios dos Prédios da Elétrica e Eletrônica  
utilizados pelo curso de Engenharia Elétrica**





**Faculdade  
SATC**

MAPA DE LABORATÓRIOS

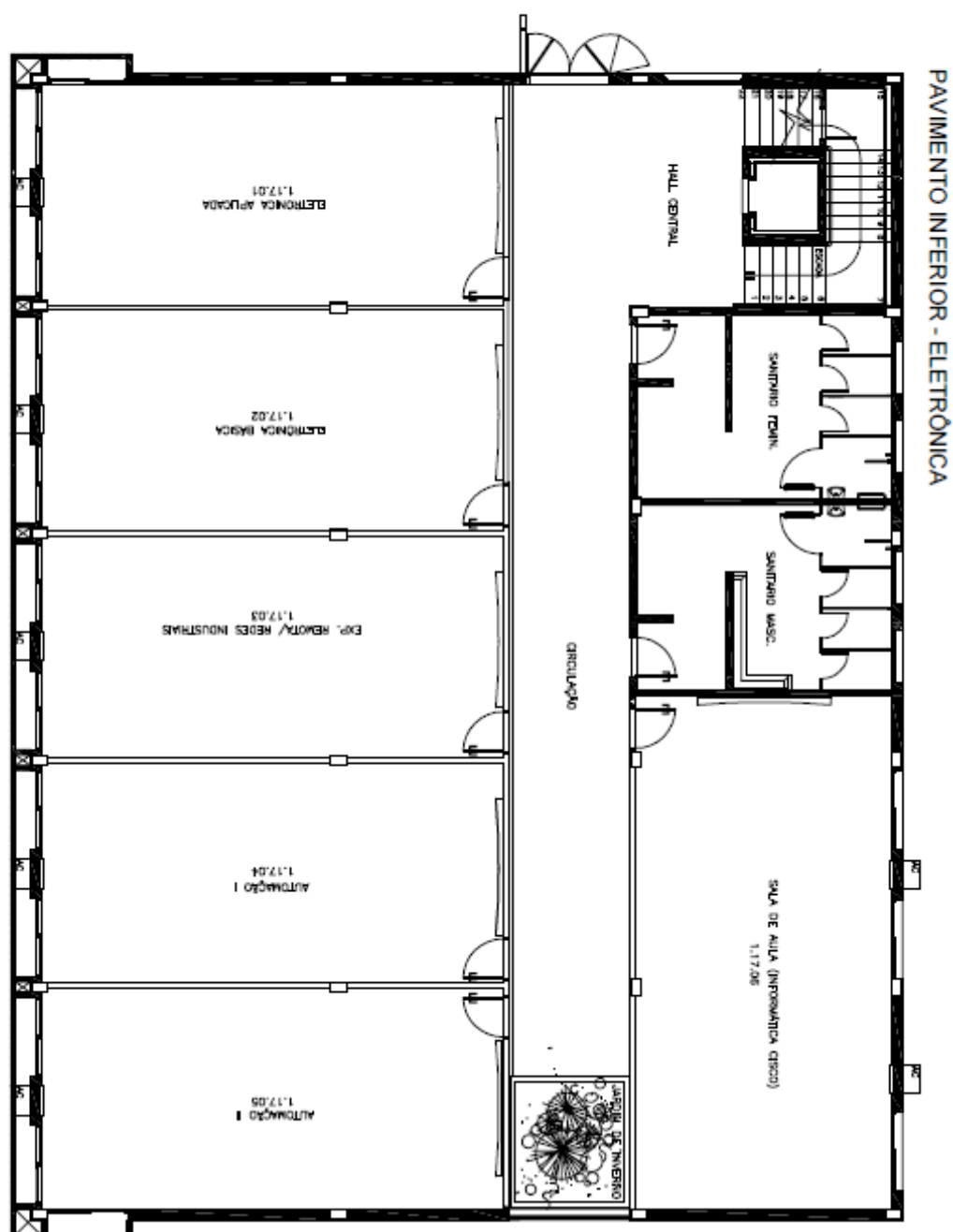


**PRÉDIO DA ELETRÔNICA (1.17)**

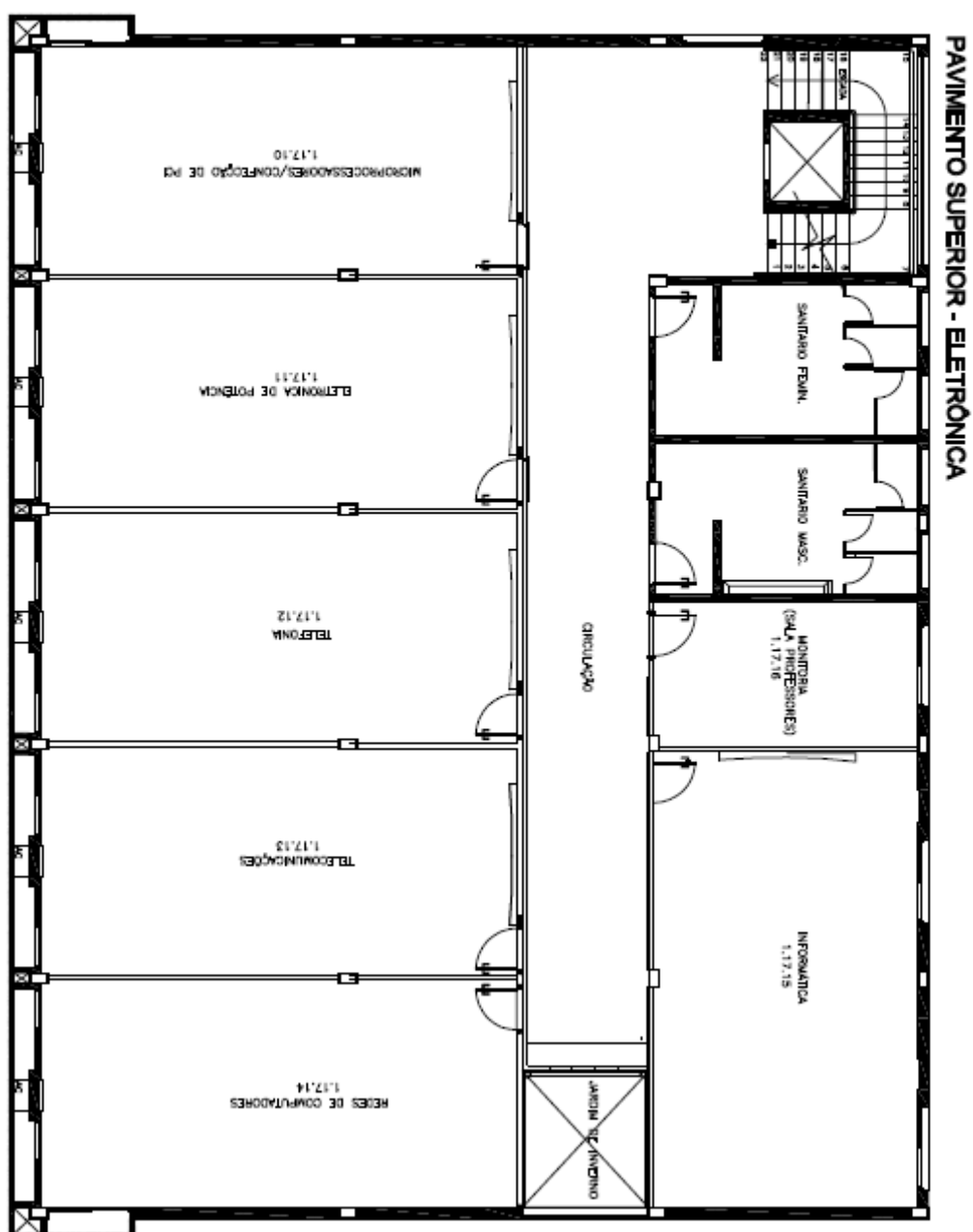
TÍTULO	NÚMERO	DISCIPLINAS
ELETRÔNICA APLICADA	1.17.01	- ELETRÔNICA II - SISTEMAS DE CONTROLE
ELETRÔNICA BÁSICA	1.17.02	- ELETRICIDADE BÁSICA - ELETRÔNICA II - SISTEMAS DE CONTROLE - ELETRÔNICA I - ELETRÔNICA DIGITAL - ELETRÔNICA APLICADA
EXP.REMOTA/REDES IND.	1.17.03	- CONTROLE. E SUP. DE PROC. IND.
AUTOMAÇÃO I	1.17.04	- CONTROLE. E SUP. DE PROC. IND.
AUTOMAÇÃO II	1.17.05	- CONTROLE. E SUP. DE PROC. IND.
SALA DE AULA (INFORMÁTICA CISCO)	1.17.06	
MICROPROCESSADORES/ CONFECÇÃO DE PCI	1.17.10	- MICROPROCESSADORES
ELETRÔNICA DE POTÊNCIA	1.17.11	- ELETRÔNICA DE POTÊNCIA
TELEFONIA	1.17.12	
TELECOMUNICAÇÕES	1.17.13	
REDES DE COMPUTADORES	1.17.14	
INFORMÁTICA	1.17.15	

## NUMERAÇÃO DOS LABORATÓRIOS (PADRÃO SATC)

## PRÉDIO DA ELETRÔNICA - 1.17



# NUMERAÇÃO DOS LABORATÓRIOS (PADRÃO SATC) PRÉDIO DA ELETRÔNICA - 1.17

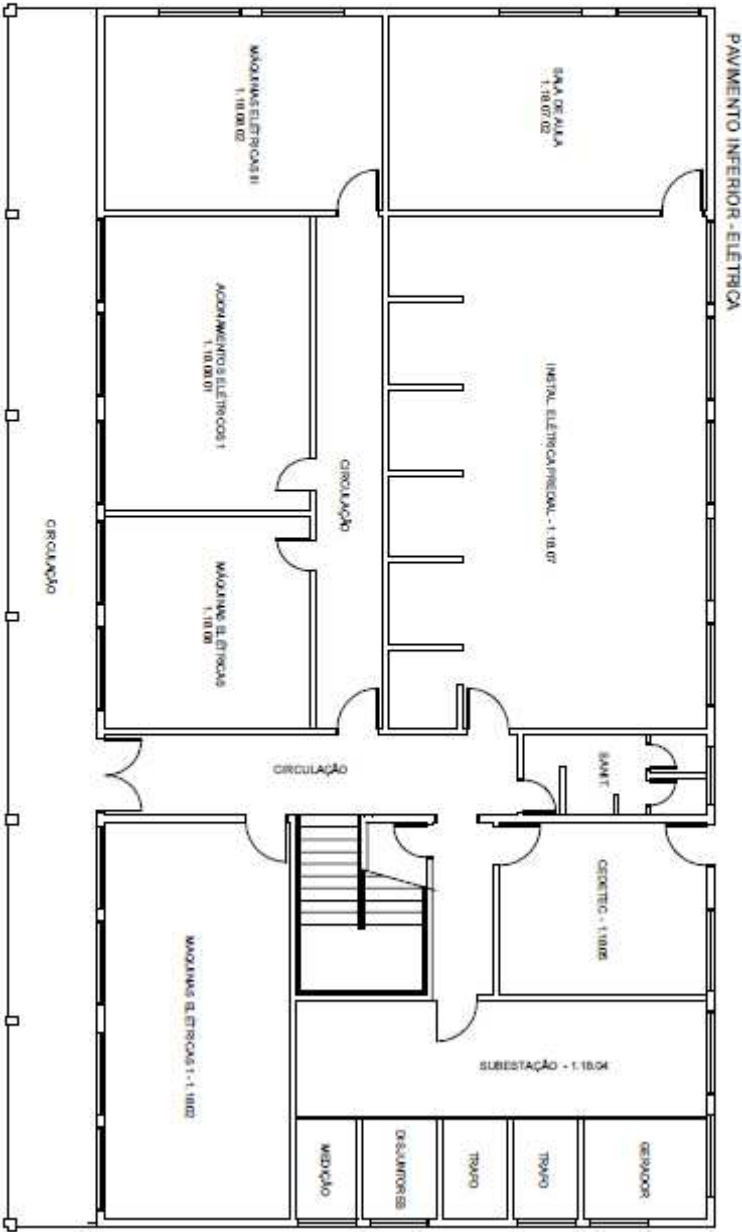


**PRÉDIO DA ELÉTRICA (1.18)**

TÍTULO	NÚMERO	DISCIPLINAS
MÁQUINAS ELÉTRICAS I	1.18.02	- CONV. ELETROMEC. ENERGIA I
MÁQUINAS ELÉTRICAS	1.18.08	- CONV. ELETROMEC. ENERGIA I
ACIONAMENTOS ELÉTRICOS I	1.18.08.01	
MÁQUINAS ELÉTRICAS III	1.18.08.02	- CONV. ELETROMEC. ENERGIA I - CONV. ELETROMEC. ENERGIA II
INSTALAÇÕES ELÉTRICAS	1.18.07	- PROJETOS DE INSTAL. ELÉTRICAS
MEDIDAS ELÉTRICAS	1.18.09	- MEDIDAS ELÉTRICAS
SALA DE AULA (ACIONAMENTOS ELÉTRICOS IV)	1.18.17	
ACIONAMENTOS ELÉTRICOS III	1.18.16	
ACIONAMENTOS ELÉTRICOS II	1.18.15	
INFORMÁTICA	1.18.18	- TÉCNICAS DE PROGRAMAÇÃO I - TÉCNICAS DE PROGRAMAÇÃO II

NUMERAÇÃO DOS LABORATÓRIOS (PADRÃO SATC)

PRÉDIO DA ELÉTRICA - 1.18



NUMERAÇÃO DOS LABORATÓRIOS (PADRÃO SATC)

PRÉDIO DA ELÉTRICA - 1.18

